

УДК 658.562

## РОЗРОБЛЕННЯ МЕТОДИКИ ЕКСПРЕС–КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ДИЗЕЛЬНОГО ПАЛИВА.

**О.І. Шпак, П.Г. Столярчук, В.М. Юзевич**

*Національний університет “Львівська політехніка”*

*вул. С.Бандери, 12, м.Львів, тел.:(032) 258-23-94, e-mail: [oxana.shpakk@gmail.com](mailto:oxana.shpakk@gmail.com)*

*Наведено методику експрес-контролю якості дизельного палива. Визначено критерій компромісу та встановлення категорій якості за даними критерію компромісу. Проведено експериментальне дослідження розробленої методики експрес-контролю якості ДП за паспортами якості.*

*Ключові слова: методика, експрес-контроль, якість, дизельне паливо, показники якості.*

*Приведена методика экспресс-контроля качества дизельного топлива. Определен критерий компромисса и установлены категории качества по данным критерия компромисса. Проведено экспериментальное исследование разработанной методики экспресс-контроля качества дизельного топлива по паспортам качества.*

*Ключевые слова: методика, экспресс-контроль, качество, дизельное топливо, показатели качества.*

*The methods of express-monitoring of the diesel fuel quality are proposed in the work. The criterion of compromise is determined, due to which the quality categories are distinguished. The experimental research of the express-monitoring methods of the diesel fuel quality by the quality passports is done.*

*Key words: methods, express-monitoring, quality, diesel fuel, quality indices.*

Контроль якості дизельного палива (ДП) базується в цілому на міжнародних стандартах якості (ISO) та ін. В процесі реалізації ДП виникають ситуації, коли необхідно приймати рішення щодо пошуку та вибору оптимального варіанту контролю якості ДП. Прийняття таких рішень здійснюються на підставі аналізу основних показників ДП, але вони не завжди є достатньо обґрунтованими і формалізованими.

До того ж при контролі якості ДП можуть виникати невизначеності, що ускладнює точний розрахунок показників якості ДП і приводить до зміни їх значення впродовж життєвого циклу ДП. Проблема зміни значень показників якості достатньо вивчена та формалізована лише на етапі експлуатації продукту.

Методикою контролю якості називається сукупність методів, засобів, умов підготовки і проведення контролю якості показників продукції [1]. Для контролю якості ДП користуються фізико–хімічними показниками якості, які є кількісними оцінками однієї чи декількох властивостей ДП.

При отриманні інформації про ДП споживач звертається до відповідних стандартів та інших нормативних документів (НД), чинних в Україні, що регламентують його характеристики. На сьогодні фізико–хімічні показники ДП повинні відповідати вимогам чинних в Україні стандартів [2, 3].

Перелік різномірних характеристик ДП

навіть за умови, що їх числові значення у межах норми, не дає конкретному споживачеві повної інформації щодо якості ДП, необхідної саме для нього.

Враховуючи вище вказане, виникає необхідність розробити методику експрес – контролю якості ДП, основними завданнями якої є :

- визначення оптимальної структури показників;
- визначення взаємозв'язку між окремими показниками якості ДП і його споживчими характеристиками;
- аналіз показників якості ДП та їх впливу на процеси запуску двигуна автомобіля;
- визначення максимального і мінімального значення показників якості ДП та оцінювання їх негативної дії на двигун;
- визначення критерію негативного та позитивного впливу та критерію компромісу;
- встановлення категорій якості за даними критерію компромісу;
- проведення експериментального дослідження розробленої методики експрес-контролю якості ДП.

Під час встановлення номенклатури показників якості (ПЯ) продукції враховується дві взаємно протилежні вимоги [4]: з одного боку, кількість показників повинна бути достатньою, щоб дійсно давати об'єктивну оцінку якості товару, а з іншого – велика

кількість показників ускладнює процес встановлення відповідності. Отже, кількість показників якості продукції повинна бути оптимальною і до їх складу, насамперед, повинні входити ті показники, які найповніше характеризують якість продукції залежно від функціонального призначення і потреб споживачів.

Згідно [2] у [5] розглянуто важливі для споживача показники якості ДП. Необхідно встановити взаємозв'язок між показниками якості ДП за [3] і його споживчими характеристиками. До кожної споживчої характеристики ДП відносяться певні ПЯ (рис.1).

Проаналізуємо ПЯ ДП і визначимо, які з них є найважливіші і як вони впливають на процеси запуску двигуна автомобіля.

Найбільш важливими показниками якості ДП за [6] є фракційний склад і цетанове число. Фракційний склад ДП впливає на витрату палива, на задимленість випуску відпрацьованих газів, на запуск двигуна, на нагароутворення і закоксованість форсунок, на зношення поршневих кілець і циліндрів, на пригорання кілець тощо. Чим важче паливо за фракційним складом, тим більша зношеність верхніх компресійних поршневих кілець та більша питома витрата палива і затрат часу на прокручування двигуна при запуску.

Цетанове число характеризує самоспалахуючі характеристики ДП. З підвищенням цетанового числа палива процес згорання протікає плавніше та м'якше. Окрім того, чим вище цетанове число, тим нижча мінімальна температура запуску двигуна.



**Рисунок 1 – Взаємозв'язок між фізико-хімічними показниками дизельного палива та його споживчими характеристиками**

З підвищенням граничної температури фільтрованості закупорюються частково або

повністю пори фільтрів тонкої очистки і тим самим порушується подача палива до насосів і форсунок. Вміст сірки в ДП збільшує зношеність циліндра і поршневих кілець.

В'язкість – один з важливих показників якості ДП. Від в'язкості залежать процеси випаровування і згорання палива, надійність і довговічність паливної апаратури та можливість використання ДП при низькій температурі. Чим менша в'язкість палива, тим воно краще розпилюється.

Із збільшенням зольності ДП значно зростає зношеність елементів системи живлення та деталей циліндро – поршневої групи двигуна [7]. З підвищенням вмісту поліциклічних ароматичних вуглеводнів у ДП збільшується цетанове число і підвищується його температура застигання, а також утворюється багато нагару. Із збільшенням коксовості прискорюються нагароутворюючі процеси в двигуні. Вода і механічні домішки в ДП впливають на корозію деталей двигуна. Корозія деталей двигуна також залежить від окислювальної нестабільності ДП.

Визначивши оптимальну структуру ПЯ, їх взаємозв'язок зі споживчими характеристиками та проаналізувавши вплив ПЯ ДП на запуск і нагароутворюючі процеси в двигуні, необхідно визначити, які з них приносять більше або менше шкоди двигуну і яким чином необхідно контролювати якість ДП.

Методика експрес – контролю якості дизельного палива полягає в наступному.

1. Нехай маємо  $n$  показників  $P_i$ , які найбільш точно характеризують якість ДП, де  $i = 1 \dots n$ .

2. Визначаємо максимальне, мінімальне і вимірне значення показників  $P_i$  ( $P_{imax}$ ,  $P_{i\min}$ ,  $P_{i\text{вим}}$ ) ДП.

3. Визначаємо середнє значення  $P_{icep}$  ДП:

$$P_{icep} = \frac{P_{imax} + P_{i\min}}{2} \quad (1)$$

4. Визначаємо  $\Delta P_i$ :

$$\Delta P_i = \frac{|P_{i\text{вим}}| - |P_{i\min}|}{|P_{icep}|} \quad (2)$$

5. Визначаємо, які з показників  $P_i$  ДП прямують до максимального значення, а які до мінімального значення.

6. Визначаємо, які з  $P_{i\min}$  ДП приносять менше шкоди, позначивши їх як  $P_{si}$ , і які з  $P_{i\min}$  приносять більше шкоди, позначивши їх як  $P_{ki}$ , причому

$$P_{i\min} = P_{si} + P_{ki} \quad (3)$$

7. Визначаємо коефіцієнти вагомості  $q_i$  для кожного  $P_{i\min}$ . Присвоюємо коефіцієнти

вагомості  $q_{si}$  для  $P_{si}$ , які відповідають першому набору параметрів

$$q_{si} = \frac{2}{2s + k}, \quad (4)$$

де  $s$  – кількість показників, які приносять менше шкоди ДП;  $k$  – кількість показників, які приносять більше шкоди ДП.

Присвоюємо коефіцієнти вагомості  $q_{ki}$  для  $P_{ki}$ , які відповідають другому набору параметрів:

$$q_{ki} = \frac{1}{2s + k}, \quad (5)$$

причому

$$\sum_{i=1}^{s+k} q_i = 1.$$

8. Запропоновано такий критерій негативного впливу  $K_n$ :

$$K_n = \sqrt{\sum_{i=1}^s q_{si} \Delta P_{si}^2 + \sum_{i=1}^k q_{ki} \Delta P_{ki}^2}. \quad (6)$$

9. Аналогічно вводимо критерій позитивного впливу  $K_n$ :

$$K_n = \sqrt{\sum_{i=1}^s q_{si} \Delta P_{si}^2 + \sum_{i=1}^k q_{ki} \Delta P_{ki}^2}. \quad (7)$$

10. Формуємо критерій компромісу:

$$K_{opt} = a K_n + b K_n, \quad (8)$$

де  $a + b = 1$  – коефіцієнти вагомості;  $K_n$  – критерій позитивного впливу;  $K_n$  – критерій негативного впливу.

11. За значеннями  $K_{opt}$  по табл. 1 категорій якості визначаємо якість ДП.

Оцінюючи отримані у табл. 1 значення

виразу  $K_{opt}$ , що відображають якість ДП, можна провести його категоризацію. Для цього область значень вказаних показників, тобто проміжок від 0 до 1, розбивається на певні відтинки згідно рівнів якості, які відображають включені у них значення.

Відтинки від 0 до 0,4 включно відображає рівень якості – висока якість, від 0,4 до 0,6 включно – хороша якість, від 0,6 до 1 включно – допустима якість. Таку класифікацію встановлено експертним методом.

Для визначення категорій якості за значеннями критерію компромісу було проведено низку досліджень за показниками ДП для:

1) значень, які набувають мінімального значення;

2) значень, які знаходяться між мінімальними і середніми;

3) значень, які набувають середнього значення;

4) значень, які знаходяться між середніми і максимальними;

5) значень, які набувають максимального значення.

Побудуємо табл. 2, де зведемо виміряні значення для різних варіантів ДП та значення критерію компромісу, попередньо розрахувавши за формулами (1) ÷ (8) згідно вищевказаної методики.

Згідно табл. 2 можна розділити дані значення на три категорії якості. Як видно із максимальних та мінімальних значень, критерій компромісу змінюється в межах від 0 до 1.

Таблиця 1 – Категоризація якості дизельного палива

Значення $K_{opt}$	Категорії якості	Характеристика якості
[0-0,4]	I категорія	висока якість
(0,4-0,6]	II категорія	хороша якість
(0,6-1]	III категорія	допустима якість

Таблиця 2 – Виміряні значення показників дизельного палива

Виміряне значення для:	Показники дизельного палива									
	цетанове число	фракційний склад (95% переганяється за $t^{\circ}\text{C}$ )	гранична температура фільтрованості $^{\circ}\text{C}$	масова частка сірки, мг/кг	кінематична в'язкість (за температури $40^{\circ}\text{C}$ ), мм <sup>2</sup> /с	зольність, %	вміст поліциклічних ароматичних вуглеводнів, %	кислотність 10-% залишку, % (мас)	окислювальна стабільність, г/м <sup>2</sup>	критерій компромісу
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	$K_{opt}$
1	51	300	-5	0,001	2	0	1	0,01	1	0
2	60	315	-9	0,0015	2,625	0,0025	3,5	0,0825	7	0,318
3	58	330	-7,5	0,003	3,25	0,005	6	0,155	13	0,524
4	54	345	-6	0,0045	3,75	0,0075	8	0,2	18	0,702
5	65	360	-10	0,005	4,5	0,01	11	0,3	25	1,05

До першої категорії відносяться значення  $K_{opt}$  від 0 до 0,4 включно і це висока якість. До другої категорії відносяться значення  $K_{opt}$  від 0,4 до 0,6 включно і це хороша якість. До третьої категорії відносяться значення  $K_{opt}$  від 0,6 до 1 включно і це допустима якість.

Застосуємо дану методику для оцінки ДП підвищеної якості. Для цього визначимо максимальне та мінімальне значення для кожного показника якості  $P_i$ , які взаємопов'язані зі споживчими характеристиками даного ДП (табл. 3).

Оскільки такий показник ДП як вміст води та механічних домішок не має числового значення та у ДСТУ в графі “Значення” написано відсутній, однак він сильно впливає на корозію деталей двигуна, то до розрахунку  $K_{opt}$  його не будемо включати.

Визначаємо середнє значення всіх показників за формулою (1) і результати обрахунків заносимо в табл. 3.

Визначаємо  $\Delta P$  для кожного показника ДП за формулою (2) і результати заносимо в табл. 3, визначаємо також  $\Delta P^2$  для формули (6) та (7).

За виміряне значення беремо значення показників ДП за паспортом якості [8] і заносимо дані в табл. 3.

Визначимо, які з показників ДП прямують до максимального значення, а які до мінімального значення. Чим вище цетанове число, тим процес згорання ДП протікає більш плавно, двигун працює економічніше і не так жорстко, як на низькоцетановому паливі, тобто

чим вище цетанове число, тим вища якість ДП, тому приймаємо, що цетанове число прямує до максимального значення  $P_{imax}$ . Чим нижчі значення решти показників, тим вища якість ДП, тобто бажаною умовою є спадання показників до мінімального значення  $P_{imin}$ .

Оскільки в нашому випадку тільки один показник, цетанове число, прямує до максимального значення  $P_{imax}$ , то можна розрахувати за формулою (7) вираз для  $K_n$ :

$$K_n = \sqrt{\sum_{i=1}^s \dot{a} q_{si}^2 \times DP_{si}^2 + \sum_{i=1}^k \dot{a} q_{ki}^2 \times DP_{ki}^2} = ,$$

$$= \sqrt{0,000190} = 0,013793$$

який відповідає критерію позитивного впливу.

Тепер визначимо, які з  $P_{imin}$  приносять менше шкоди ДП, позначивши їх  $P_{si}$ , і які з  $P_{imin}$  приносять більше шкоди ДП –  $P_{ki}$ .

Оскільки сірка, не дивлячись на малий її вміст, найгірший показник для ДП, і приносить найбільше шкоди двигуну, то віднесемо її до  $P_{ki}$ . Значення решти показників відповідно менш шкідливі, тому відносимо їх до  $P_{si}$ .

Тепер розраховуємо коефіцієнти вагомості  $q_{si}$  для кожного  $P_{si}$ , які відповідають першому набору параметрів за формулою (4):

$$q_{si} = \frac{2}{2s + k} = \frac{2}{2 \cdot 7 + 1} = 0,1333 ,$$

де  $s=9-1-k=7$ , де 9 – загальна кількість показників, за якими досліджується ДП, з них 1 – це цетанове число ( $P_{imax}$ ), а  $k = 1$  – сірка.

Причому  $\sum_{i=1}^{s+k} \dot{a} q_i = 1$ .

Таблиця 3 – Значення показників якості дизельного палива

Значення	Показники дизельного палива								
	цетанове число	фракційний склад (95% переганяється за $t_0$ ), °C	гранична температура фільтрованості, °C	масова частка сірки, мг/кг	кінематична в'язкість (за температури 40 °C), мм <sup>2</sup> /с	зольність, %	вміст поліциклічних ароматичних вуглеводнів, %	коксівність 10-% залишку, % (мас)	окислювальна стабільність, г/м <sup>2</sup>
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9
min	51	300	-20	0,001	2	0	1	0,01	1
max	65	360	-26	0,005	4,5	0,01	11	0,3	25
виміряне	51,8	335	-24	0,0013	2,58	0,01	3,91	0,03	5
середнє	58	330	-23	0,003	3,25	0,005	6	0,155	13
$\Delta P$	0,013793	0,10606	0,17391	0,1	0,17846	2	0,485	0,129032	0,30769
$\Delta P^2$	0,000190	0,01125	0,03025	0,01	0,03185	4	0,23523	0,016649	0,09468

Тепер розраховуємо коефіцієнти вагомості  $q_{ki}$  для кожного  $P_{ki}$ , які відповідають другому набору параметрів за формулою (5).

$$q_{ki} = \frac{1}{2s + k} = \frac{1}{2 \cdot 7 + 1} = 0,6667 \cdot$$

Розраховуємо вираз  $K_n$ , що відповідає критерію негативного впливу за формулою (6)

$$K_n = \sqrt{\sum_{i=1}^s q_{si} \cdot \Delta P_{si}^2 + \sum_{i=1}^k q_{ki} \cdot \Delta P_{ki}^2} = 0,768105$$

Оцінимо вираз  $K_{opt}$ , який відповідає критерію компромісу за формулою (8), де  $\alpha + \beta = 1$  – коефіцієнти вагомості.

Прийmemo, що  $\alpha = 0,33$ , а  $\beta = 0,67$ , тоді

$$K_{opt} = \alpha K_n + \beta K_n = 0,33 \cdot 0,013793 + 0,67 \cdot 0,768105 = 0,519182$$

За значеннями  $K_{opt}$  згідно табл. 1

(категоризація якості ДП) оцінимо якість досліджуваного ДП. Оскільки  $K_{opt} = 0,519182$  і відповідає II категорії якості згідно табл. 1, то можна сказати, що дане ДП має хорошу якість. Це обумовлено тим, що в нашому випадку такий показник ДП, як зольність, має максимальне значення, тому  $K_{opt}$  набуває такого високого значення і відповідає II категорії якості.

Перевіримо, чи працює запропонована методика для реальних значень за паспортами якості (табл. 4):

– паспорт №888 ДП підвищеної якості (Євро) марки С виду II;

– паспорт №179 ДП Л-0,2-62.

Як видно з табл. 4, ДП за паспортами 1 і 2 відповідає I категорії – високій якості, так як  $K_{opt}$  знаходиться в межах від 0 до 0,4 включно.

**Таблиця 4 - Виміряні значення показників дизельного палива за паспортами якості**

Виміряне значення за:	Показники дизельного палива									
	цетанове число	фракційний склад (95% переганяється за t <sub>0</sub> ), °C	гранична температура фільтрованості, °C	масова частка сірки, мг/кг	кінематична в'язкість (за температури 40 °C), мм <sup>2</sup> /с	зольність, %	вміст поліциклічних ароматичних вуглеводнів, %	коксівність 10-% залишку, % (мас)	окислювальна стабільність, г/м <sup>2</sup>	критерій компромісу
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	$K_{opt}$
1	53	339,5	-9	0,0041	2,74	0,001	5	0,06	13	0,384
2	52,1	358	-5	0,0015	2,9	0,005	4,4	0,027	2,6	0,303

Розроблена методика експрес – контролю якості ДП дозволяє реально оцінити якість ДП від різних виробників за значеннями параметра  $K_{opt}$ , що відповідає критерію компромісу і на його основі встановити якість ДП за категоріями якості.

Результати визначення якості ДП підтвердили справедливність запропонованих теоретичних засад розробленої методики експрес – контролю його якості та можливість її використання у нафтопереробній промисловості України.

1. Управління якістю. Сертифікація: Навч. посіб. /Р.В. Бичківський, П.Г. Столярчук, Л.І. Сопільник, О.О. Калинський. – К.: Школа, 2005. – 432 с. 2. ДСТУ 3868-99 “Паливо дизельне. Технічні умови”. 3. ДСТУ 4840-2007 “Паливо дизельне підвищеної якості. Технічні умови”. 4. Бубела Т., Бойко Т., Столярчук П. Що ж таке

якість товару?// Стандартизація, сертифікація, якість. – 2005. №4. – С. 51 – 54. 5. П. Столярчук, О. Шпак Формування вимог до методів оцінювання якості дизельного палива. Вимірювальна техніка та метрологія: Міжвідомчий науково-технічний збірник. – 2011. – №72 – С. 107 – 111. 6. К.К. Папок /Дизельные топлива. – М.: Воениздат, 1957. – 112 с. 7. Паливо-мастильні матеріали, технічні рідини та системи їх забезпечення. К / Упор. В.Я Чабанний. – Кіровоград: Центрально – Українське видавництво, 2008. – 353 с. 8. Паспорт якості №0309114/0-0519. Дизельне паливо підвищеної якості (Євро) марки F виду II від 20.12.2010р.

Поступила в редакцію 12.04.2012р.

Рекомендував до друку докт. техн. наук, проф. Байцар Р. І.